

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemných stavieb

Návrh riešenia zaistenia stability stavebných jám
Design of a Solution to Ensure the Stability of a Construction Pit

Študent:

Aneta Sýkorová

Vedúci bakalárskej práce:

Ing. Lukáš Ďuriš, Ph.D.

OSTRAVA 2021

Zadání bakalářské práce

Student: **Aneta Sýkorová**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R017 Geotechnika
Téma: **Návrh řešení zajištění stability stavební jámy**
Design of a Solution to Ensure the Stability of a Construction Pit

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Metody zajištění stavební jámy
3. Variatní návrh pažení
4. Zhodnocení a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Hulla, J., Turček, P. *Zakladanie stavieb*. Jaga: Bratislava, 1998. ISBN 80-88905-05-2.
Masopust, J. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí*. 2. vydání. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2018. ISBN 978-80-88265-12-2.
Rozsypal, A. *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*. Jaga: Bratislava, 2001. ISBN 80-88905-44-3.
Abramson, L. W. *Slope stabilization and stabilization methods*. John Wiley and Sons, Inc., 1995. ISBN 0-471-10622-4

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Ďuriš, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú bakalársku prácu vrátane príloh vypracovala samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a uviedla všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave dňa

.....

Aneta Sýkorová

Prehlasujem, že

- som bola oboznámená s tým, že na moju bakalársku prácu sa vzťahuje zákon 121/2000 Zb. – autorský zákon, najmä § 35 – použitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitie diela školského § 60 – školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo neziskovo pre svoje vnútorné potreby bakalársku prácu použiť (§ 35 odst. 3).
- súhlasím s tým, že údaje o bakalárskej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo dojednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzatvorím licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo dojednané, že použiť svoje dielo – bakalársku prácu alebo poskytnúť licenciu na jej použitie môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na uhradenie nákladov, ktoré boli VŠB-TUO vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/198 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave dňa

.....

Aneta Sýkorová

ANOTÁCIA

Táto bakalárska práca sa venuje návrhu zaistenia stability stavebných jám. Stavebné jamy sú navrhnuté podľa Eurokódu 7, ktorý je v tejto bakalárskej práci bližšie popísaný.

Táto práca podrobne popisuje jednotlivé druhy stavebných jám, pri ktorých je potrebné zabezpečiť ich stabilitu a odvodnenie. V tejto práci je podrobne popísaný návrh pažených jám a použité pažiacie konštrukcie.

V praktickej časti práce je posudzovaná stavebná jama s 3 variantami riešenia. Zaistenie stability svahovanej stavebnej jamy, štetovnicová stena s neustálenou hladinou podzemnej vody a záporové paženie bez vplyvu vody. Všetky 3 typy sú posudzované v programe Geo5 v module Paženie posudok a svahovaná jama v module Stabilita svahu.

V závere práce sú zhrnuté výsledky výpočtov.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Stavebná jama, paženie, stabilita, štetovnice, paženie posudok, Eurokód 7, Geo5

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the design of reinforcement the stability of construction pits. Construction pits are designed according to Eurocode 7, which is described in more detail in this bachelor thesis.

This work describes in detail the various types of construction pits, which need to ensure their stability and drainage. This work describes in detail the design of armored pits and use sheet pile structures.

In the practical part of the work, a construction pit with 3 variants of the solution is assessed. Ensuring the stability of the sloping construction pit, sheet pile wall with an unstable groundwater level and negative sheeting without the influence of water. All 3 types are assessed in the Geo5 program in the Sheeting check module and the sloping pit in the Slope stability module.

At the end of the work are summarized the results of calculations.

KEY WORDS

Construction pit, sheeting, stability, sheet piles, sheeting check, Eurocode 7, Geo5

Obsah

1. ÚVOD.....	8
2. TEÓRIA ZAISTENIA STAVEBNÝCH JÁM.....	9
2.1. Stavebná jama.....	9
2.2. Druhy stavebných jám	10
2.2.1. Svahované jamy	10
2.2.2. Pažené jamy	12
2.2.3. Tesnené jamy	13
2.2.4. Kombinované jamy	14
2.3. Pažiacie konštrukcie	14
2.3.1. Záporové paženie	15
2.3.3. Pilótové steny.....	16
2.3.4. Podzemné steny (Milánske steny)	16
2.3.5. Trysková injektáž.....	17
2.3.6. Klincovanie	17
2.4. Odvodnenie stavebných jám.....	18
2.4.1. Povrchové odvodnenie.....	18
2.4.2. Hĺbkové odvodnenie vrtanými studňami	18
2.4.3. Hĺbkové odvodnenie čerpacími ihlami	19
2.5. Návrh pažených stavebných jám	19
2.5.1. Podklady geotechnické	19
2.5.2. Podklady stavebné	20
2.5.3. Pasportizácia	20
2.5.4. Podklady o inžinierskych sieťach	20
2.6. Eurokód 7	20
2.6.1. Návrhové prístupy.....	21
2.6.2. Mezné stavy	22

2.6.3. Výpočet stability svahu (vstupujúce súčinitele).....	24
2.6.4. Geotechnické kategórie.....	25
3. POSÚDENIE STABILITY STAVEBNÝCH JÁM	26
3.1. Základné parametre zeminy.....	26
3.2. Posúdenie stability svahovanej stavebnej jamy.....	27
3.2. Posúdenie paženia - štetovnice	27
3.3. Posúdenie záporového paženia.....	33
3.5. Vyhodnotenie.....	37
4. ZHODNOTENIE VÝPOČTOV	39
5. ZÁVER.....	43
6. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	45

1. ÚVOD

Geotechnika je veľmi dôležitý odbor, nakoľko všetko čo je na povrchu ale aj pod povrchom úzko súvisí s geotechnikou. Pred každým zahájením stavby musíme poznať základové pomery zeminy, stabilitu územia ale aj prostredie v akom sa stavenisko nachádza. Musíme brať ohľad aj na už jestvujúcu stavbu a ako budeme postupovať pri zemných výkopových prácach. Pred zahájením stavebných prác, je veľmi dôležité vykonať prieskum danej lokality. Keď ideme budovať podzemnú alebo nadzemnú stavbu, pred každým zahájením musíme zhotoviť stavebnú jamu. Zhotovovaniu a zaist'ovaniu stavebných jám by som sa chcela venovať aj v tejto bakalárskej práci.

V dnešnej dobe poznáme rôzne metódy zaistenia stavebných jám. Doba napreduje aj v geotechnike a preto sú stále vyvíjané nové a nové technológie zaistenia stavebných jám. Tiež sú vyvíjané nové materiály aby boli čo najlepšie a najvhodnejšie a aby spĺňali rôzne ekologické ale aj pevnostné parametre. Čo nie vždy je vhodné aj používať.

Niekedy nám príde, že všetky tieto položky ohľadom geotechniky sú ekonomicky moc náročné a mnoho ľudí to podceňuje. Avšak v konečnom dôsledku ak máme správne založenú stavbu môžeme predísť ďalším komplikáciám, ktoré by mohli nastať. A to by viedlo opäť k ďalším výdavkom a preceňovaniu stavby. Veľmi dôležité pri budovaní geotechnických konštrukcií je aj dostupnosť rôznych strojov. Nie sú to len stroje na hĺbenie a zarážanie ale aj geodetické stroje, ktorými musíme stavbu pred zahájením zamerať.

Hlavným cieľom je dosiahnuť únosné základové pôdy a tiež čo najvhodnejšie podmienky pre založenie stavebných objektov. Voľba typu založenia závisí od rôznych faktorov. Pokiaľ chceme stavbu budovať v málo zastavanom území je najvhodnejšie voliť svahovanú stavebnú jamu. Táto stavebná jama je z ekonomického hľadiska najpriateľnejšia. Aj keď sa vyťaží veľké množstvo zeminy. Naopak ak sme v hustej zástavbe svahovanú stavebnú jamu moc použiť nejde. Z dôvodu nedostatku miesta na svahy. Preto môžeme použiť iné typy zaistenia stavebných jám. Ako napríklad záporové paženie, ktoré patrí medzi najpoužívannejšie metódy zaistenia stability stien výkopov. Alebo môžeme použiť štetovnicové steny. Pilótové steny, ktoré nám môžu slúžiť aj ako hĺbkový základ alebo podzemné steny, ktoré síce odstraňujú nedostatky predošlých konštrukcií ale tieto steny vytvárajú neodstrániteľnú prekážku a preto značne ovplyvňujú režim podzemných vôd. Všetky geotechnické konštrukcie navrhuje podľa Eurokódu 7.

2. TEÓRIA ZAISTENIA STAVEBNÝCH JÁM

2.1. Stavebná jama

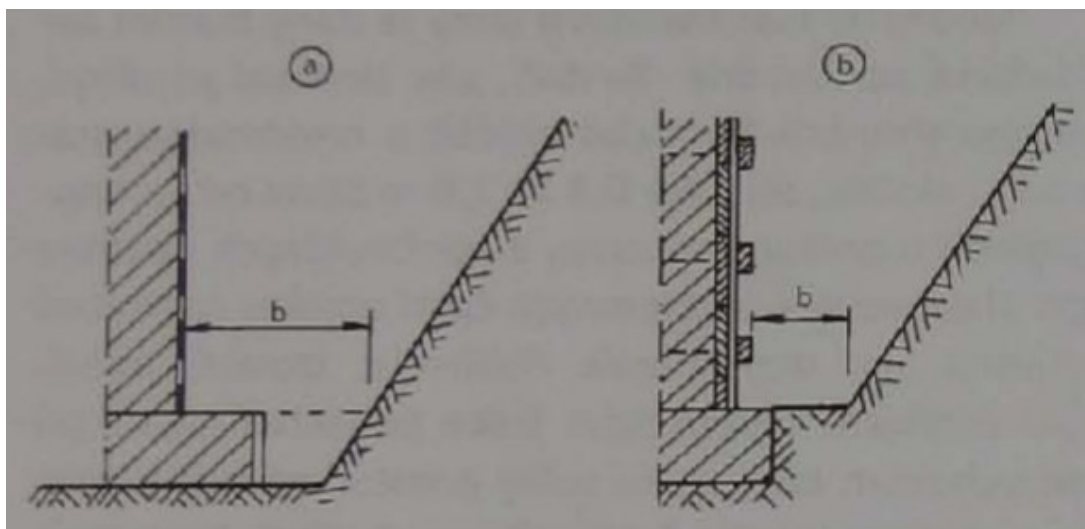
Stavebná jama je priestor alebo výkop, kde sa zhotovujú základy a podzemné časti stavebných objektov. Rozmery výkopu sú dané rozmermi základov stavebného objektu ale tiež musíme počítať aj s rozšírením o nevyhnutnú pracovnú plochu. Taktiež treba ponechať voľný priestor pri povrchom odvodnení odvodňovacími zariadeniami (rigoly, drény, zberné studne). V tabuľke sú uvedené najmenšie šírky pracovného priestoru pre zhotovenie izolácie a debnenia podľa STN 73 3050. [1]

Hĺbka výkopu (m)	Minimálna šírka b (m)		
	pažené výkopy	svahované jamy so sklonom svahu	
		$\leq 1 : 0,6$	$> 1 : 0,6$
< 4	1,2	1,2	1,2
$4 \div 6$	1,4	1,2	1,4
> 6	1,6	1,2	1,4

Tabuľka 1: Najmenšia šírka pracovného priestoru b pre zhotovenie izolácie [1]

Hĺbka výkopu (m)	Minimálna šírka b (m)		
	pažené výkopy	svahované jamy so sklonom svahu	
		$\leq 1 : 0,6$	$> 1 : 0,6$
< 4	0,6	0,3	0,5
$4 \div 6$	0,8	0	0,5
> 6	1	0,3	0,5

Tabuľka 2: Najmenšia šírka pracovného priestoru b pre zhotovenie debnenia [1]



Obrázok 1: Označenie šírky najmenšieho pracovného priestoru pre zhotovenie
a) izolácie b) debnenia [1]

Stavebné jamy delíme na :

- Svahované jamy
- Pažené jamy (roubené jamy)
- Tesnené jamy
- Jímkové jámy (jímky)
- Kombinované jamy

2.2. Druhy stavebných jám

2.2.1. Svahované jamy

Svahovanú stavebnú jamu, ktorú je najjednoduchšie navrhnuť a používať všade tam, kde máme väčšiu pôdorysnú plochu. Prevažne navrhujeme v suchej zemi ale tiež aj pod hladinou podzemnej vody, kde musíme zabezpečiť odvodnenie hĺbených priestorov. Svahovitý sklon svahov zaisťuje dočasnú stabilitu. Sklon tiež závisí na druhu zeminy, horniny a výške svahu. [1]

HORNINA	Sklon svahu	
	dočasný	trvalý
Zdravé skalné horniny	5 : 1	
Navetralé horniny	3 : 1	
Balvanitý štrk	1 : 0,75	
Štrk s pieskom, ostrohranný štrk	1 : 1,25	1 : 1,5
Okrúhly hrubozrnný štrk	1 : 1,5	1 : 1,75
Okrúhly jemnozrnný štrk	1 : 1,75	
Piesok v svahu s vyvierajúcou vodou	1 : 2,5 - 1 : 3,5	

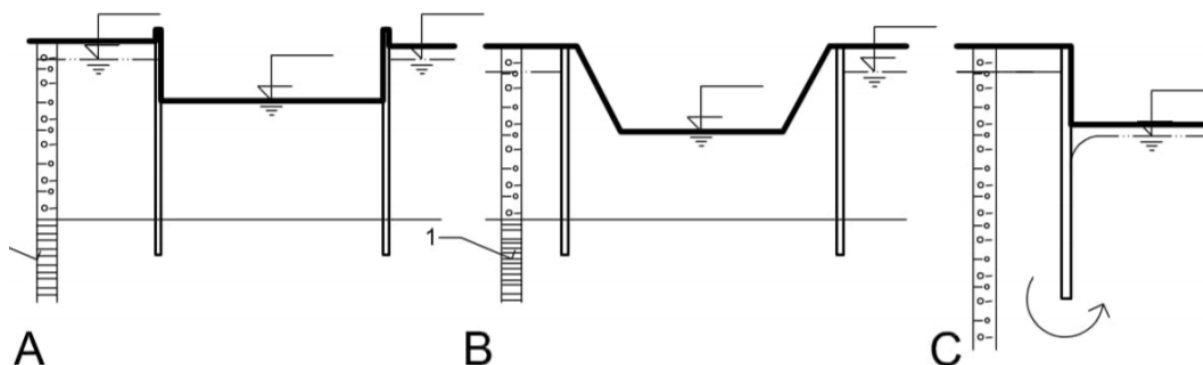
Tabuľka 3: Sklony svahov v skalných horninách a hrubozrnných zeminách [1]

Zemina	Výška svahu (m)	Trvalý sklon svahu
ílovitá hlina	0 ÷ 3	1 : 1,25
	3 ÷ 6	1 : 1,6
	6 ÷ 9	1 : 1,75
Piesčitá hlina, prachovitý íl	0 ÷ 3	1 : 1,25
	3 ÷ 6	1 : 1,25
	6 ÷ 9	1 : 1,4
Íl	0 ÷ 3	1 : 1,25
	3 ÷ 6	1 : 1,25
	6 ÷ 9	1 : 1,25
Spraš	0 ÷ 6	2,5 : 1

Tabuľka 4: Sklony svahov v jemnozrnných zeminách

2.2.2. Pažené jamy

Pažené stavebné jamy (roubené) používame skôr v stiesnených podmienkach. Steny jamy sú zvislé. Ekonomicky je lepšie ak navrhujeme kombinované stavebné jamy pretože, pažené jamy majú vyššie náklady ako svahované jamy. Môžu byť ako trvalá alebo dočasná konštrukcia, ktorá zaisťuje stabilitu jamy. [1,2]



Obrázok 2: Funkcie stavebnej jamy [1]

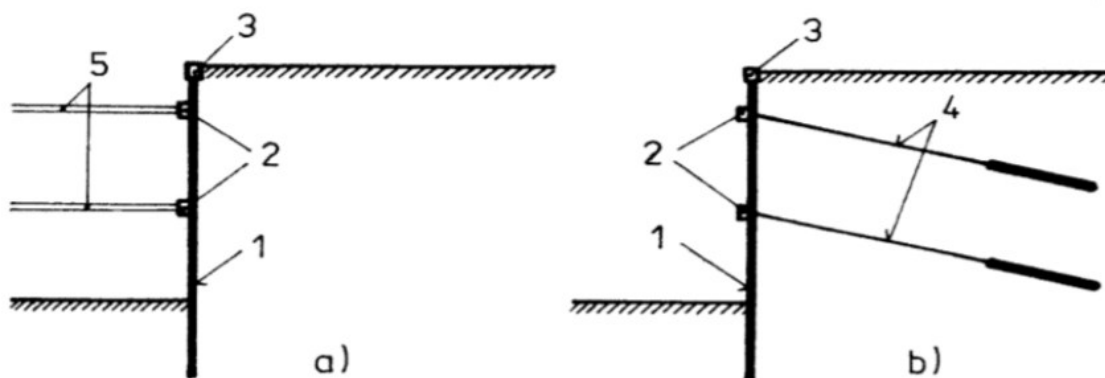
A – pažiaca a tesniaca, B – tesniaca, C – pažiaca s možnosťou obtekania pažiacej steny

Poznáme rôzne faktory, ktoré nám ovplyvňujú paženie stavebných jám :

- Horniny a zeminy, ktoré sa nachádzajú v okolí
- Pôdorysné rozmery a hĺbka jamy
- Úroveň hladiny podzemnej vody
- Okolité objekty a ich založenie

Medzi základné prvky tejto konštrukcie považujeme:

- paženie
- roznášacie prahy (prevázky)
- podporné konš. (kotvy a rozpery)



Obrázok 3: Konštrukcia paženej stavebnej jamy a) rozeprené paženie b) kotvené paženie [2]

1 - pažiaca stena, 2 - roznášacie prahy, 3 - horný veniec, 4 – kotvy, 5 – rozpery

Každý z týchto prvkov má v konštrukcii svoju funkciu. Nie všetky konštrukcie paženej jamy musia obsahovať všetky prvky. Môžeme ich kombinovať alebo niektorý prvok aj vynechať.

Paženie je pažiaca stena, ktorá je spojená so zeminou. Zaisťuje bezpečnosť v paženej jame, proti zosunutiu zeminy, erózii ale aj proti presakovaniu podzemnej vody. Paženie zaisťuje nosnú schopnosť vo vodorovnom smere a výnimočne aj v zvislom smere.

Roznášacie prahy (prevlázky) sú vodorovné nosníky, ktoré sú umiestnené z vnútornej strany jamy a priliehajú k paženiu. Zhotovujeme ich vo viacerých výškových úrovniach. Prevlázky stužujú celý konštrukčný systém paženej jamy, a tiež zaisťujú vyrovnanie deformácií dielčích častí pažiacej konštrukcie.

Podporné konštrukcie môžeme rozdeliť podľa charakteru síl, ktoré vznikajú v podporných konštrukciách pôsobením tlaku na paženie na rozperné a kotvené.

2.2.3. Tesnené jamy

Ak zakladáme stavebnú jamu, ktorá je vo väčšej hĺbke, kde sa už nachádza aj hladina podzemnej vody, býva zväčša problém z odvodnením. Vo väčšine prípadov sem voda priteká cez netesnené dno. Nie vždy sa ale podarí pažiace a tesniace konštrukcie zaviazať až po nepriepustné vrstvy, kvôli veľkým hĺbkam a tiež kvôli vysokým nákladom. Tesniace steny

značne neeliminujú nepriaznivé účinky vody, preto pôsobiaci vztlak ohrozuje stabilitu zemín. Výhodnejšie je vybudovať tesniacu jamu, ktorá nám napomáha ku zníženiu priesakov do stavebnej jamy. [1,2]

2.2.4. Kombinované jamy

Sú to typy stavebných jám, ktoré sa často vzájomne kombinujú. Kombinované jamy vznikú prevažne kombináciou svahovania a paženia. Je to hlavne kvôli geotechnickým podmienkam ale aj nedostatkom miesta. Svahované steny sa často zaistujú klincovaním alebo kotvami cez vodorovné prahy. [2]

2.3. Pažiacie konštrukcie

Prihliadajú na súčasné technické, technologické a ekonomické kritéria. Na zachytenie tlakov zemín sa uvedené pažiacie konštrukcie kombinujú s rozpernými a kotevnými systémami, vytvárajú zložité konštrukčné sústavy, ktoré treba posudzovať. [1]

Pažiacie konštrukcie pre hlboké jamy: Záporové paženie

Štetovnicové steny

Pilótové steny

Podzemné steny

Trysková injektáž

Klincovanie

Voľbu paženia ovplyvňuje mnoho faktorov:

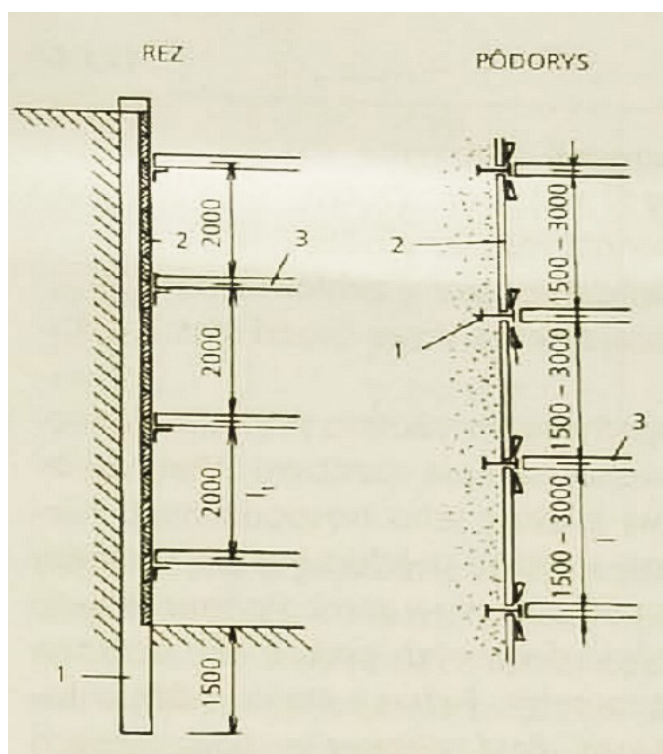
- vlastnosti, ktoré sa nachádzajú v okolí stavebnej jamy
- okolité objekty
- úroveň hladiny podzemnej vody
- nevyhnutný čas na zhotovenie jamy
- pôdorysné rozmery a hĺbka stavebnej jamy

2.3.1. Záporové paženie

Jedná sa o najpoužívanejšiu metódu zaistenia stien výkopov, kde základnými prvkami sú zápory a pažnice (rozopierané, kotvené). Slúži skôr ako stratené debnenie a používame ho po obvode stavebných jám ale môže zasiahnuť aj do stavajúcej alebo susednej parcely. Používame hlavne v suchých alebo vo vlhkých zeminách, pričom hladina podzemnej vody musí byť pod dnom jamy. Využíva sa na zaistenie stavebných jám hlbokých 5 až 20 m. V minulosti sa záporové paženie nazývala aj ako Berlínska metóda a to z toho dôvodu, že prvýkrát bolo použité pri stavbe metra v Berlíne [1]

Prvky záporového paženia:

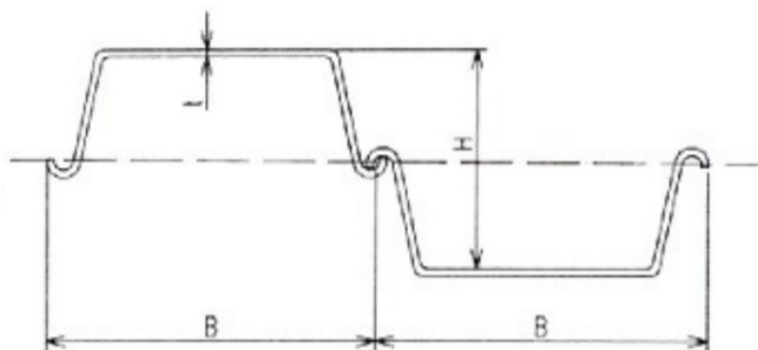
- **Zápory** – zvislé nosné prvky (obyčajne oceľové profily I, H, 2xU), profily s kruhovým prierezom, koľajnice,...)
- **Pažiny** – vodorovné nosné prvky, dotláčajú sa k stene výkopu klinmi (často drevené prvky- fošne a hranoly, oceľové z vlnitého plechu, železobetónovo prefabrikované alebo monolitické)
- **Stabilizačné prvky** – rozpery(drevené z guľatiny, z valcovaných oceľových prvkov) alebo kotvy



Obrázok 4: Záporové paženie [1]

2.3.2. Štetovnicové steny

Je to súvislá stena, ktorá je zhotovená baranením, vybrobaranením alebo vplavovaním tuhých pažiacich prvkov do podložia, hĺbením stavebnej jamy. Zámerom štetovnicovej steny je zachytávať tlaky zeminy a taktiež aj vodné tlaky. Ku zabezpečeniu stavebnej jamy nám slúžia pažiacie prvky, ktoré musia byť dostatočne dlhé. [1]



Obrázok 5: Ocel'ová štetovnica typu Larsen [2]

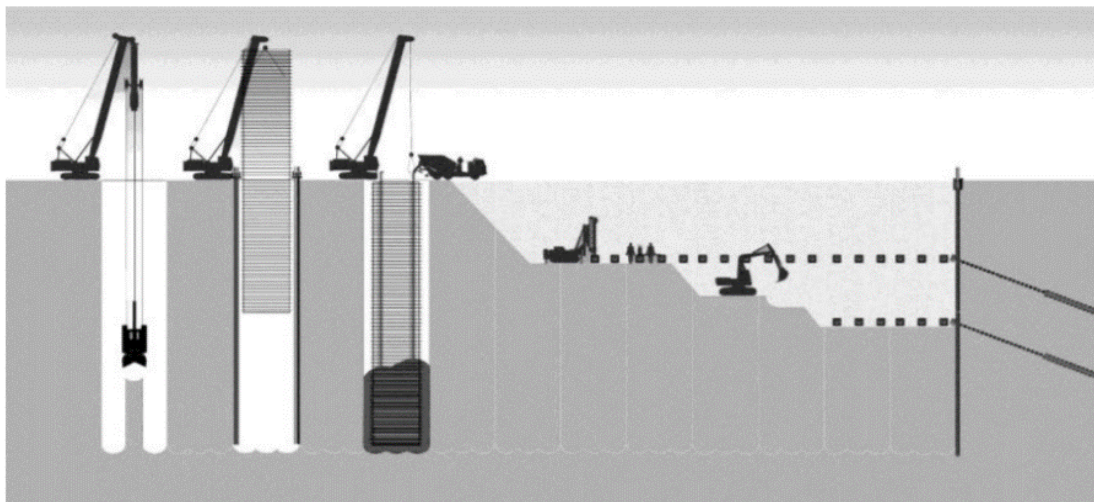
2.3.3. Pilótové steny

Slúžia nielen ako hĺbkový základ, ale tiež ako súčasť pažiackej konštrukcie. Pažiacie konštrukcie sa vytvoria usporiadaním pilót tesne vedľa seba alebo môže byť medzi jednotlivými pilótami medzera. Využíva sa na zachytávanie väčších zemných tlakov. Je nevhodná na zachytávanie účinkov podzemnej vody. Pilótové steny zvyčajne prenášajú zaťaženie od hornej stavby ale tiež môžu tvoriť steny podzemnej stavby. [1]

2.3.4. Podzemné steny (Milánske steny)

Sú to líniové konštrukcie, ktoré trvalo zaistujú zvislé steny stavebných jám a rýh. Podľa účelu rozoznávame steny tesniace, pažiacie a konštrukčné. Vyrábajú sa priamo na stavbe ako monolitické podzemné steny v konštrukčných hrúbkach 0,4 m; 0,60 m; 0,80 m výnimočne aj 1,0 m. Eliminujú všetky nedostatky, ktoré mali predošlé konštrukcie. Plní pažiacu ale aj tesniacu funkciu a vytvára súvislú stenu. Môžeme ich používať aj ako hĺbkové základy. Žiaľ majú aj jednu značnú nevýhodu, pod povrchom terénu vytvárajú súvislú a ťažko odstrániteľnú prekážku, ktorá značne ovplyvňuje režim podzemných vôd. Najviac sa podzemné steny

využívajú pri výstavbe podzemných garáží, pričom sa už ich povrch neopatrjuje žiadnou ďalšou konštrukciou. [1,2]



Obrázok 6: *Technológia prevedenia monolitických podzemných stien [2]*

2.3.5. Trysková injektáž

Je pomerne moderná a rýchla metóda. Využíva sa skôr pre tesnenie dna stavebných jám, pre stavajúce objekty stavebných konštrukcií, ktoré je potreba podchytiť pretože nie sú moc hlboko založené ale aj pre jamy menšieho rozsahu aby zaistila vodotesné steny. Môžeme ju kombinovať s mikrozáporovým pažením (trvalá konštrukcia, ktorá so striekaným betónom a kotvením vytvára zvislú stenu stavebných jám s hladkým povrchom). [2]

2.3.6. Klincovanie

Princípom tejto metódy je zlepšenie vlastností zeminy. Hlavne šmykovej pevnosti, kde sa kombinuje vystuženie a vytvorenie pokrytia svahu a vytvorí sa tzv. kompaktná stena a s tým aj stabilný svah. Táto metóda využíva prirodzenú deformáciu zemného telesa po vybudovaní výkopu ku prirodzenému aktivovaniu klincov. Ich aktiváciou (vnesenie sily do klinca) zabráňuje vzniku trhlín v oblasti pozdĺžneho povrchu svahu. Klincovanie svahu prebieha v etapách a musíme dodržiavať predpísané postupy. Osádzame do malo profilového vrtu, ktorý má určitú dĺžku a sklon, a následne sa do cementovej zálievky osadí klinec z betonárskej ocele. [2]

Postup pri klincovaní:

- v prvej etape urobíme max. predvýkop, ktorý sme stanovili buď uvážením skúseností alebo výpočtom
- osadíme klinec
- môžeme navrhnuť provizórne odvodnenie v rube striekaného betónu, položíme výstužné siete a následne realizujeme striekaný betón
- v druhej etape urobíme znova predvýkop a provizórne odvodnenie
- osadenie klincov v druhej etape
- výstužná sieť a striekaný betón

Tento postup aplikujeme až po dno výkopu.

2.4. Odvodnenie stavebných jám

Stavebnú jamu musíme počas budovania základov a izolácií odvodňovať, aby bola suchá. Medzitým hladinu podzemnej vody udržíme a cielene znižujeme na požadovanej úrovni, pokiaľ nebude sama schopná vzdorovať vlastnou tiažou vztlaku. Voda, ktorá do jamy pritečie musí byť z nej aj odčerpaná. Pokiaľ máme moc priepustné prostredie, nebudeme odvodňovať ale vybuduje tesnenú jamu. Naopak v málo priepustnom prostredí odčerpávame len vodu ktorá tam natečie počas zrážok, nakoľko prítok vody do jamy je veľmi badateľný. [1]

2.4.1. Povrchové odvodnenie

Z ekonomického hľadiska je najvýhodnejšie, ale je ho vhodné používať do jemnozrnných a piesočnatých zemín. Po vykopaní stavebnej jamy sa po obvode vybudujú rigole, pomocou nich tečie voda do zbernej studne odkiaľ je odčerpávaná. [1]

2.4.2. Hĺbkové odvodnenie vŕtanými studňami

Toto odvodnenie patrí medzi ekonomicky náročnejšie ako povrchové. Využíva sa skôr v štrkových a piesočnatých zeminách. Predtým ako budeme chcieť stavebnú jamu vyhlbiť

musíme znížiť hladinu podzemnej vody. Ťažíme v suchu, pretože sklony svahov už môžu byť strmšie. [1]

2.4.3. Hĺbkové odvodnenie čerpacími ihlami

Používa sa zväčša v piesočnatých zeminách. Najprv znížime hladinu vody a následne hĺbime stavebnú jamu v suchu. Toto odvodňovanie sa skladá hlavne z čerpacích ihliel, zo zberných potrubí, čerpadiel a z dvoch zdrojov elektrickej energie. [1]

2.5. Návrh pažených stavebných jám

Ku každému presnému a kvalitnému návrhu, potrebujeme kvalitne vypracované podklady. Medzi najdôležitejšie parametre patria pôdorysné rozmery jamy, hĺbka ale tiež záleží aj na okolitých objektoch. [2]

Ďalšie podmienky ovplyvňujúce podmienky návrhu:

- inžinierskogeologické a hydrogeologické podmienky okolia, tiež pevnostné a deformačné vlastnosti základovej pôdy
- pôdorysné rozmery stavebnej jamy a prístupové komunikácie, možnosti prístupu pre stavebné stroje a mechanizmy
- rozmanitosť terénu, hĺbka stavebnej jamy a hĺbka základovej špáry okolitej výstavby

2.5.1. Podklady geotechnické

Tieto podklady si financuje samotný investor, získavame ich na základe inžinierskogeologického prieskumu a slúžia nám ako podklad ku správne návrhu pažiacej konštrukcie. Výsledky týchto prieskumov sú majetkom investora a on má za ne aj plnú zodpovednosť. Takéhoto merania by sa mal zúčastniť aj budúci navrhovateľ geotechnických konštrukcií t.j. geotechnik – statik. Geotechnik by mal na základe už svojich nadobudnutých skúseností odhadnúť o aké zaistenie stavebnej jamy sa bude jednať. Hlavné časti prieskumu sú realizácia prieskumných sond, to sú väčšinou jadrové vrty. Mimoriadne kopané sondy a v niektorých prípadoch poľné geotechnické skúšky. Najprv by sme mali ale urobiť geologické rešerše. Na to používame Geofond, na ktorom si vieme nájsť inžinierskogeologické mapy a aj

archívne prieskumné diela a tiež na základe skúseností geotechnika. Na základe týchto metód vieme popísať a zatriediť zeminy v základovej pôde, pomocou laboratórnych, poľných a indexových skúšok zeminy. [2]

2.5.2. Podklady stavebné

Investor by mal poznať stavebný zámer a podklady by mali zahrňovať všetko o plánovanej stavbe. Vďaka týmto informáciám môže bezpečne a správne navrhnuť konštrukcie. Musíme si dať ale pozor aj na okolité objekty a tiež môžeme naraziť na neodkryté konštrukcie starších objektov. Tieto nálezy môžu viesť ku zvýšeným nákladom a dodatočným prieskumným prácam. [2]

2.5.3. Pasportizácia

Neodmysliteľnou súčasťou je aj pasportizácia susedných objektov, pokiaľ sa teda nejaké v okolí vyskytujú. Mala by obsahovať kompletnú dokumentáciu, fotodokumentáciu poprípade aj videozáznam. Tento dokument by nám mal podpísať majiteľ nehnuteľnosti. Pokiaľ nám neumožní prístup ku svojej nehnuteľnosti, je to potrebné uviesť v zápise. [2]

2.5.4. Podklady o inžinierskych siet'ach

Tieto podklady nie sú vždy prístupné, niekedy ani neexistujú a to je pre nás riziko. Často je to riešené predvýkopom, ktorý buduje do určitej hĺbky napríklad 1,0 m. [2]

2.6. Eurokód 7

Eurokódy sú európske normy, sú to technické pravidlá pre navrhovanie pozemných a inžinierskych stavieb. Platia pre všetky členské štáty Európskej únie. Obsahujú základné stavebné materiály (oceľ, betón, drevo, murivo, hliník, oceľové konštrukcie), hlavné časti stavebného inžinierstva (zásady navrhovania, zaťaženia, požiarne odolnosť, geotechnika, účinky zemetrasenia) a ďalšie iné konštrukcie ako sú budovy, mosty, stožiare, zásobníky atď. Celú sústavu európskych noriem pre navrhovanie stavebných konštrukcií tvorí 10 Eurokódov, a 58 technických noriem. [4]

Prehľad Eurokódov:

Eurokód 0 Zásady navrhovania konštrukcií

Eurokód 1 Zaťaženie konštrukcií

Eurokód 2 Navrhovanie betónových konštrukcií

Eurokód 3 Navrhovanie ocelových konštrukcií

Eurokód 4 Navrhovanie sprážených ocelobetónových konštrukcií

Eurokód 5 Navrhovanie drevených konštrukcií

Eurokód 6 Navrhovanie murovaných konštrukcií

Eurokód 7 Navrhovanie geotechnických konštrukcií

Eurokód 8 Navrhovanie konštrukcií odolných proti zemetraseniu

Eurokód 9 Navrhovanie hliníkových konštrukcií

2.6.1. Návrhové prístupy

Návrhové prístupy k jednotlivým geotechnickým konštrukciám sú v Národnej prílohe k eurokódu EC 7. Rozoznávame tri návrhové prístupy, líšia sa aplikáciou čiastkových súčiniteľov. Čiastkové súčinitele sa aplikujú na zaťaženia alebo ich účinky líšia sa nielen podľa návrhových prístupov ale tiež podľa typu riešenej geotechnickej úlohy (operné konštrukcie, pilóty,...). Hodnoty čiastkových súčiniteľov udáva Eurokód v Prílohe A. Návrhové systémy uplatňujú do výpočtu čiastkové súčinitele rôznym spôsobom, preto sa výsledky návrhových prístupov môžu značne líšiť. Pokiaľ nie je návrhový prístup doporučený v Národnej prílohe zostáva výber na projektantovi. [3,5]

Návrhový prístup 1 – Pre navrhovaný prístup sa používajú kombinácie (Kombinácia 1 a Kombinácia 2). Súčinitele sa používajú na zaťaženie a materiálové charakteristiky.

Kombinácia 1: $A1 + M1 + R1$

Kombinácia 2: $A2 + M2 + R1$ (okrem pilót a kotiev) $A2 + (M1 \text{ alebo } M2) + R4$ (pilóty a kotvy)

A – súbory čiastkových koeficientov pre zaťaženie alebo účinok zaťaženia

M – súbory čiastkových koeficientov pre parametre zemín

R – súbory čiastkových koeficientov pre

Návrhový prístup 2 – Platí pre všetko geotechnické konštrukcie a používa čiastkové súčinitele na zaťaženie a na odpor materiálu.

Kombinácia: A1 + M1 + R2

Návrhový prístup 3 – Používa čiastkové súčinitele na zaťaženie a súčasne aj na materiál.

Kombinácia: (A1 alebo A2) + M2 + R3

A1 – vzťahuje sa na konštrukčné zaťaženie

A2 – vzťahuje sa na geotechnické zaťaženie

[3,5]

2.6.2. Mezné stavy

Rozoznávame dva mezné stavy a to Mezný stav porušenia (únosnosti, stability) a Mezný stav použiteľnosti. Mezné stavy overuje buď výpočtovými modelmi (analytické, semiempirické alebo numerické modely). Tiež experimentálnymi metódami a zaťažovacími skúškami (nutné pre 3. GK) a observačnou metódou.

Mezné stavy porušenia:

EQU – (Equilibrium) strata stability tuhého telesa – pevnosť konštrukcie a zeminy nie je dôležitá (nie je typické napr. skupina ťahových pilót – vytrženie)

STR – (Structure) vnútorné porušenie či nadmerná deformácia (pätky, pilóty, murivo – rozhoduje pevnosť konštrukčného materiálu – dimenzovanie týchto prvkov) prichádza v úvahu ale len výnimočne

GEO – (Geotechnical failure) porušenie alebo nadmerná deformácia horninové prostredia (základný prípad prvého mezného stavu geotechnických konštrukcií)

UPL – (Uplift) strata rovnováhy konštrukcie alebo zemného prostredia v dôsledku

HYD – (Hydraulic failure) porušenie hydraulickým gradientom (stekutenie, hydraulické prelomenie dna a sufózia)

Podmienky pre mezný stav porušenia:

EQU

$$Ed_{st,s} = Estb,d + Td$$

$Ed_{st,d}$ – návrhová hodnota vplyvu destabilizujúceho

$Estb,d$ – návrhová hodnota vplyvu stabilizujúceho zaťaženia

Td – návrhová hodnota celkového šmykového odporu ktorý sa vyvinie pozdĺž bloku zeminy obklopujúci geotechnickú konštrukciu

STR a GEO

$$Ed \leq Rd$$

Ed – návrhová hodnota vplyvu zaťaženia

Rd – návrhová hodnota odporu k zaťaženiu

UPL

$$Vdst,d \leq Gstb,d + Rd$$

$Vdst,d$ – návrhová hodnota kombinácie destabilizujúceho stáleho a dočasného zvislého zaťaženia

$Gstb,d$ – návrhová hodnota stabilizujúceho stáleho zvislého zaťaženia

Rd – návrhová hodnota akéhokoľvek doplnkového odporu ku vztlaku

HYD

$$Udst+d \leq \sigma_{stb,d} \text{ alebo } Sdst,d \leq G_{stb,d}$$

$Udst+d$ – návrhová hodnota destabilizujúceho pórového tlaku

$\sigma_{stb,d}$ – stabilizujúci totálne napätia na päte stĺpca zeminy

$Sdst,d$ – návrhová hodnota priesakovej sily pôsobiacej hore

$G_{stb,d}$ – efektívna tiaž elementu (nadľahčovaného vodou)

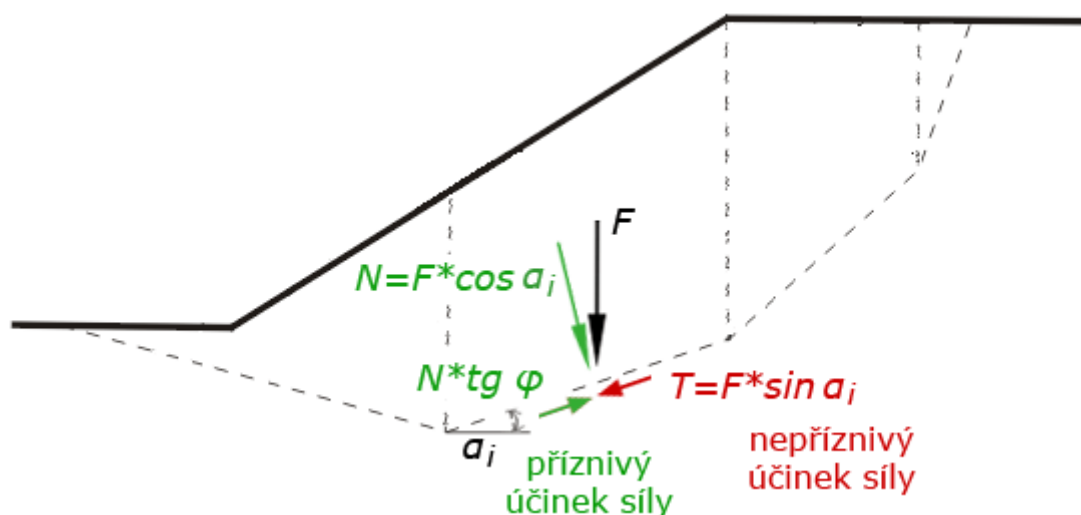
[3]

2.6.3. Výpočet stability svahu (vstupující součinitele)

Do výpočtu nám vstupuje niekoľko čiastkových súčiniteľov, ktoré zvolíme podľa Návrhových prístupov. Postupujeme podľa teórie mezných stavov.

Redukcia zaťaženia – čiastkovými súčiniteľmi sú vo výpočte redukované sily na prúžku. Ťahová sila môže pôsobiť buď priaznivo alebo nepriaznivo, záleží to od sklonu šmykovej plochy. Priaznivý koeficient použijeme vtedy ak je priaznivý účinok sily väčší ako nepriaznivý účinok. Tiaž bloku je potom prenášobená čiastkovým súčiniteľom pre stále zaťaženie.

Vplyv vody – je redukovaný čiastkovým súčiniteľom, tým prenášobíme výsledný pórový tlak a tiež sily od voľnej vody nad terénom.



Obrázok 7 : Určenie priaznivosti alebo nepriaznivosti účinkov zaťaženia [5]

Najprv musíme zistiť či priťaženia pôsobia priaznivo resp. nepriaznivo a až následne je celé priťaženie vynásobené príslušným čiastkovým súčiniteľom.

Redukcia materiálu – vo výpočte sú automaticky redukované príslušnými čiastkovými súčiniteľmi.

Redukcia odporu – pri tejto redukcia je odpor redukovaný na šmykovej ploche.

[6]

2.6.4. Geotechnické kategórie

Pri návrhu geotechnických konštrukcií musíme brať ohľad aj na riziká ohrozenia majetku a životov. Tiež musíme brať ohľad na okolité stavby, dopravu. Môžu vznikáť riziká od vplyvov prostredia ako sú účinky podzemnej vody, povrchová voda a poklesy povrchu. Preto rozoznávame 3 geotechnické kategórie, pričom 1 je najmenšie riziko a 3 je najväčšie riziko.

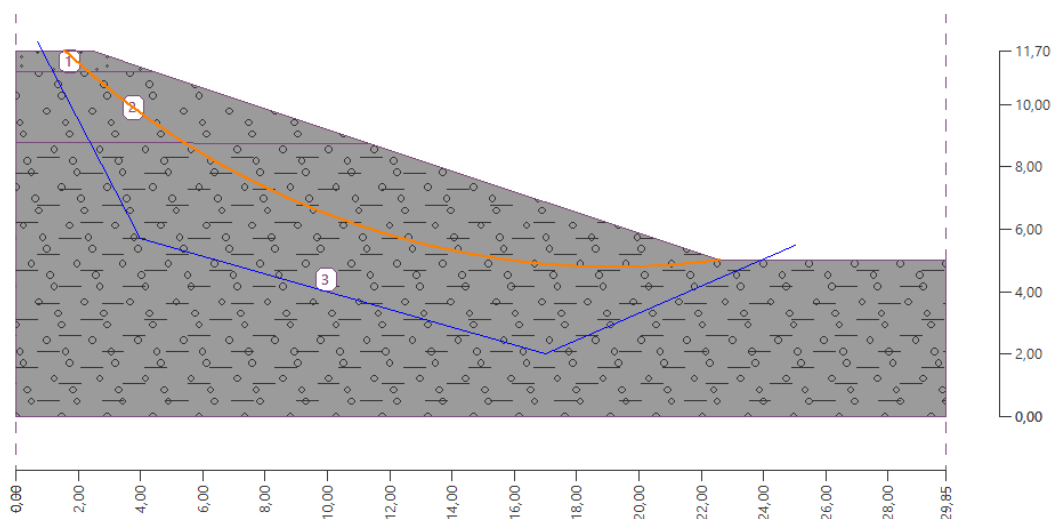
1. **Geotechnická kategória** do tejto kategórie spadajú stavby malého rozsahu v jednoduchých základových pomeroch s veľmi malým rizikom ohrozenia. Výkopy by nemali zasahovať pod hladinu podzemnej vody. Spadajú sem domy do dvoch podlaží a poľnohospodárske objekty, založené na plošných alebo pilótových základoch. Tiež sem patria oporné múry a paženia výkopov do dvoch metrov.
2. **Geotechnická kategória** do tejto kategórie spadajú konštrukcie väčších rozmerov s bežným rizikom a jednoduchými základovými pomermi. Na splnenie základových požiadavok sa vyžadujú kvantitatívne geotechnické údaje a výpočty. Patria sem aj plošné a pilótové základy, steny a konštrukcie ktoré podopierajú zeminu alebo zadržiavajú vodu, tiež kotvy a kotviace systémy, násypy a zemné konštrukcie a tunely v tvrdých nerozpukaných skalných horninách pri ktorých sa nevyžaduje špeciálna vodotesnosť alebo iné špeciálne požiadavky.
3. **Geotechnická konštrukcia** táto kategória zahŕňa všetky ostatné typy ktoré neboli spomenuté v predošlých dvoch kategóriách. Zvyčajne sú to veľmi vysoké a atypické konštrukcie. Je tu už veľmi vysoké riziko ohrozenia a náročné základové podmienky a spadajú sem aj objekty v oblastiach s vysokou seizmicitou.

[1]

V hĺbke 4,60 m bola zaznamenaná neustálená hladina podzemnej vody.

3.2. Posúdenie stability svahovanej stavebnej jamy

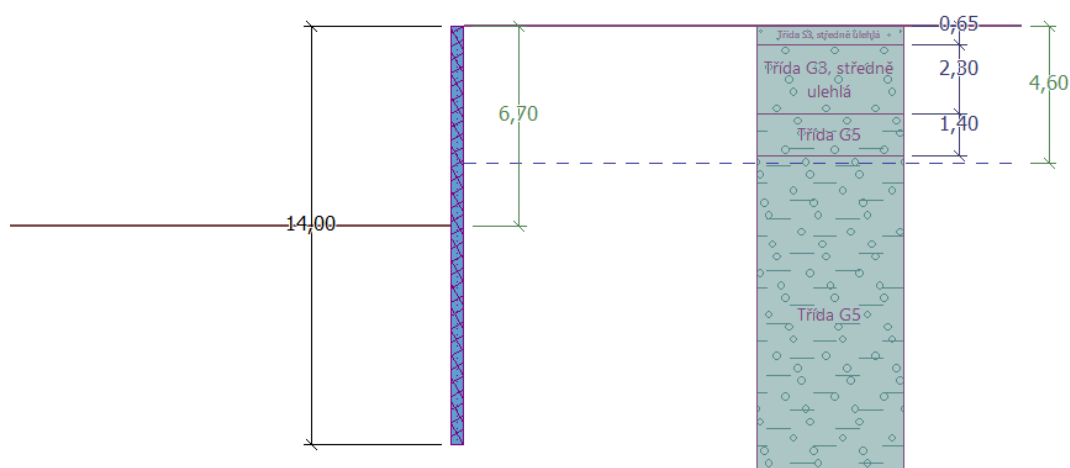
Sklon svahu bol navrhnutý a posudzovaný v sklone 1:3. Pri tomto sklone bolo potrebné realizovať odťaženie svahu v šírke 27,90 x 18,55 a výške $H=6,7$ m, čo viedlo ku veľkému objemu vyťaženej horniny, ktorá bude následne uložená na medzidepónii a následne použitá do zásypu. Požadovaný stupeň bezpečnosti je $F = 1,50$. Posúdenie stability svahu bude realizované pomocou metódy medznej rovnováhy podľa Bishopa. Výpočet kritickej šmykovej plochy bude prevedený metódou optimalizácie. Vypočítaný stupeň stability je $F = 2,44 > 1,50$ čo znamená, že stabilita vyhovela. Výsledná šmyková plocha je na vid'. obrázok č.8. Výstupy z programu Geo5 vid'. v Prílohe č.1.



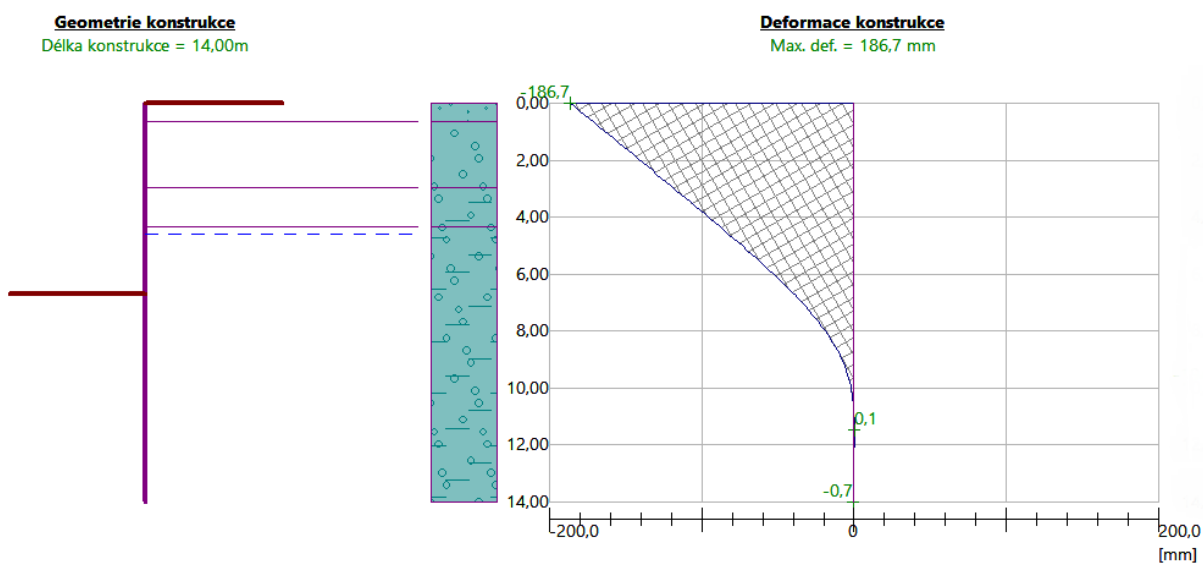
Obrázok 8: Svahovaná stavebná jama – Výsledná šmyková plocha

3.2.Posúdenie paženia - štetovnice

Ako druhý návrh zaistenia stavebnej jamy bolo navrhnutie paženia pomocou oceľových štetovnic typu VL 605. Dĺžka štetovnic bola navrhnutá v dĺžke 14 m. Po výpočte paženia dosahovali deformácie konštrukcie 186,7 mm a tento nezaistený návrh nie je možné odporučiť k realizácii. Návrh paženia (vid'. obrázok č.9) a deformácia (vid'. obrázok č.10).



Obrázok 9: Paženie pomocou štetovnic VL 605



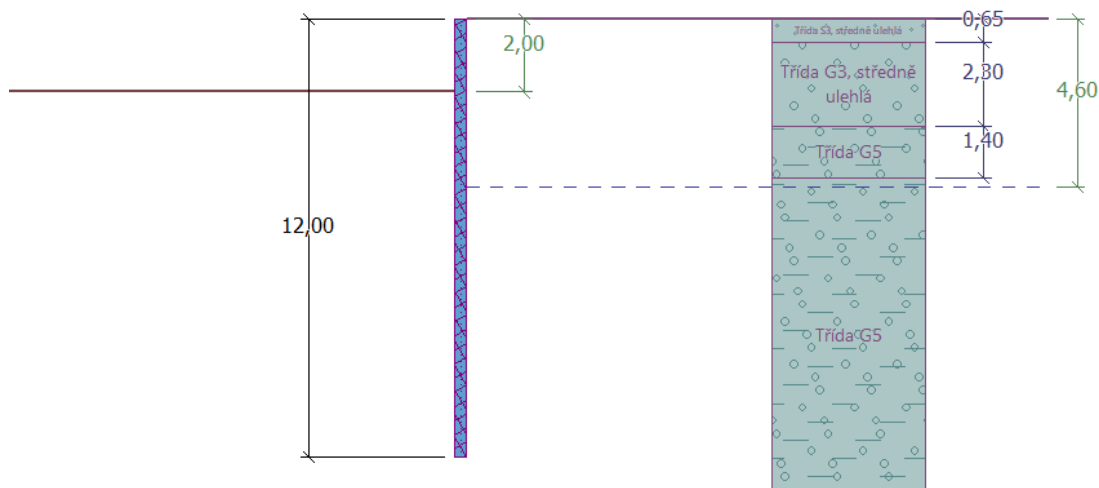
Obrázok 10: Geometria konštrukcie a deformácia na konštrukciu

Pre obmedzenie deformácii je nutné navrhnuť oceľový rozperný rám alebo použiť kotvenie. Pre ďalšie posúdenie bol návrh doplnený jedným radom kotiev. Použitie dočasných kotiev dostatočne stabilizuje konštrukciu a umožní otvoriť pracovný priestor vo vnútri stavebnej jamy. V hĺbke 4,6 m bola zaznamenaná neustálená hladina podzemnej vody. Budovanie konštrukcie prebiehalo v 3 fázach budovania.

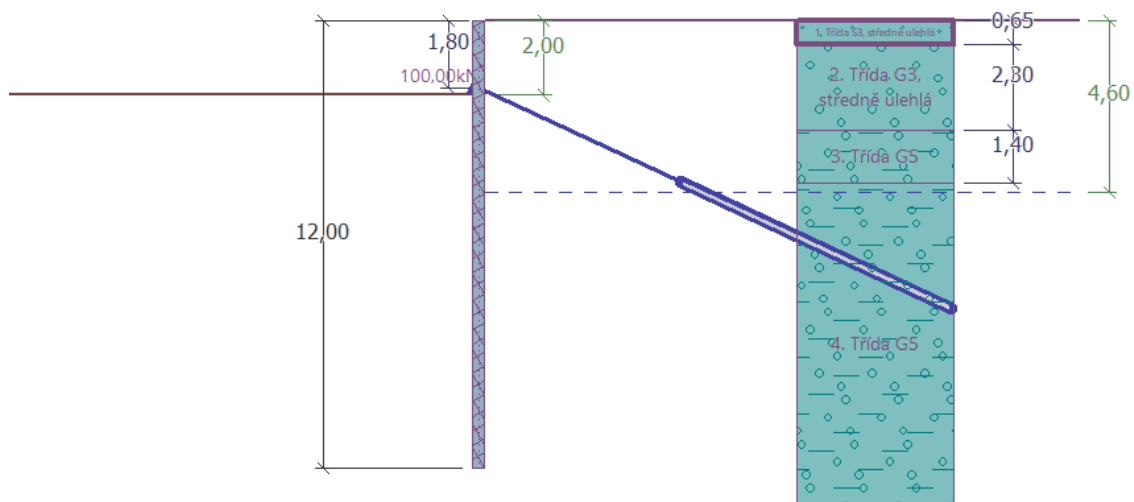
V prvej fáze bola jama vyhlbená do hĺbky 2 metrov (prvá kotvená úroveň) (vid'. obrázok č.11).

V druhej fáze budovania bola vyhotovená pramencová kotva VSL dočasná kotva 0.6" S 1860 MPa. Kotva bola realizovaná v hĺbke 1,80 m, v sklone 28 stupňov, voľná dĺžka kotvy bola 6 m a dĺžka koreňa bola 8 m. (vid'. obrázok č.12). Celková dĺžka kotvy je 14 m a kotva bude predpnutá na silu 100 kN. Pozdĺžna rozteč kotiev je navrhnutá na 3 m.

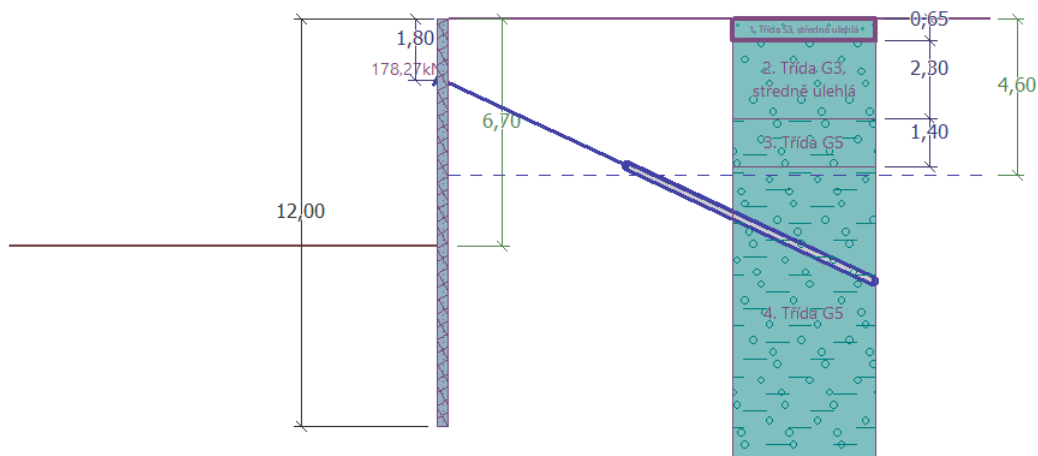
V tretej fáze budovania bola jama vyhlbená do hĺbky 6,7 m (vid'. obrázok č.13) a výsledná deformácia jamy bola 10,9 mm (vid'. obrázok č.14). Výstupy z programu Geo5 vid'. Príloha č.2.



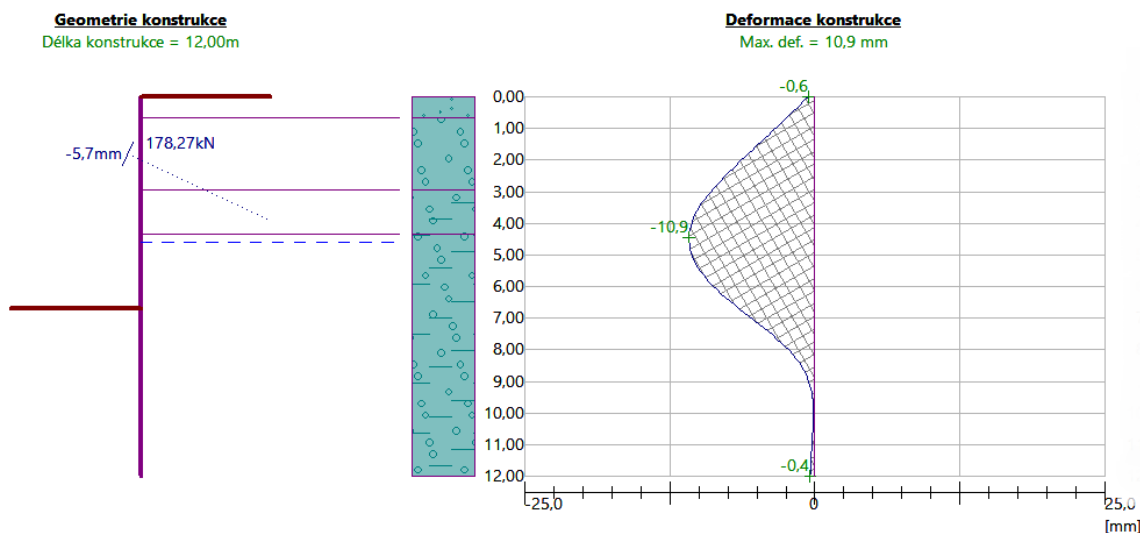
Obrázok 11: Prvá fáza - paženie štetovnicami



Obrázok 12: Druhá fáza - paženie štetovnicami



Obrázok 13: Tretia fáza - paženie štetovnicami



Obrázok 14: Geometria konštrukcie a následná deformácia - paženie štetovnicami

Posouzení ocelového průřezu podle EN 1993-1-1

Pro výpočet uvažovány všechny fáze budování.

Výpočtový součinitel namáhání průřezu = 1,00

Dimenzační síly na 1 m stěny

$$M_{\max} = 73,18 \text{ kNm/m}; \quad Q = 1,40 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\max} = 69,22 \text{ kN/m}; \quad M = 5,93 \text{ kNm/m}$$

Posouzení max. momentu $M_{\max} + Q$:

Posouzení ohybu:

$$M_{\max}/M_{c,Rd} = 0,230 \leq 1 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Posouzení smyku:

$$Q/V_{c,Rd} = 0,002 \leq 1 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Posouzení rovinné napjatosti:

$$\text{Normálové napětí} \quad \sigma_{x,Ed} = 58,26 \text{ MPa}$$

$$\text{Smykové napětí} \quad \tau_{Ed} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$\text{Posudek: } (\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,047 \leq 1 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Posouzení max. posouvající síly $Q_{\max} + M$:

Posouzení ohybu:

$$M/M_{c,Rd} = 0,019 \leq 1$$

Vyhovuje

Posouzení smyku:

$$Q_{\max}/V_{c,Rd} = 0,100 \leq 1$$

Vyhovuje

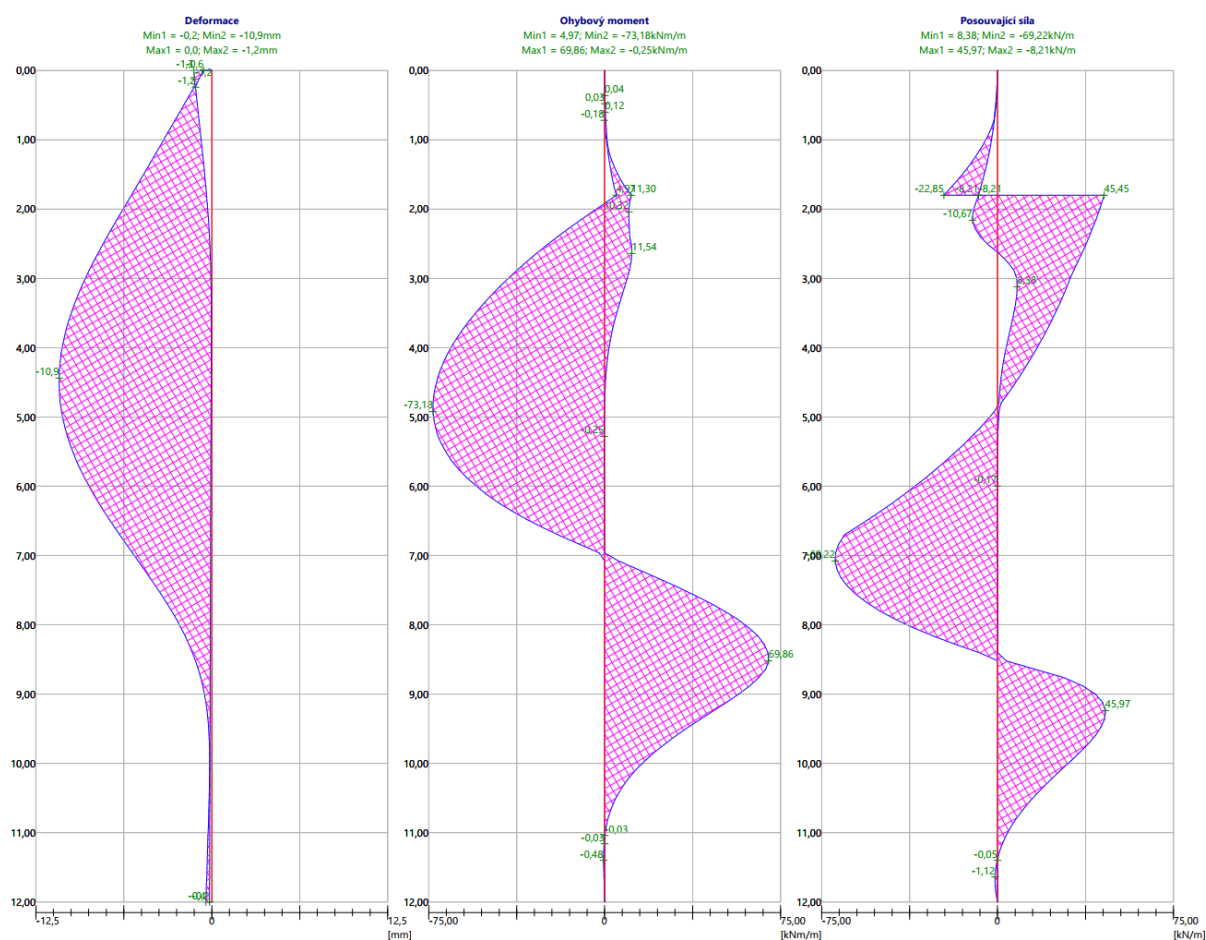
Posouzení rovinné napjatosti:

Normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = 4,72 \text{ MPa}$

Smykové napětí $\tau_{Ed} = 11,25 \text{ MPa}$

Posudek: $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3 \cdot (\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,006 \leq 1$ **Vyhovuje**

Průřez VYHOVUJE



Obrázok č.15: Geometria a deformácia konštrukcie - štetovnicová stena

Výpočet posúdenia štetovnice s kotvou bol realizovaný v programe Geo5 od firmy Fine, v module Paženie posudok.

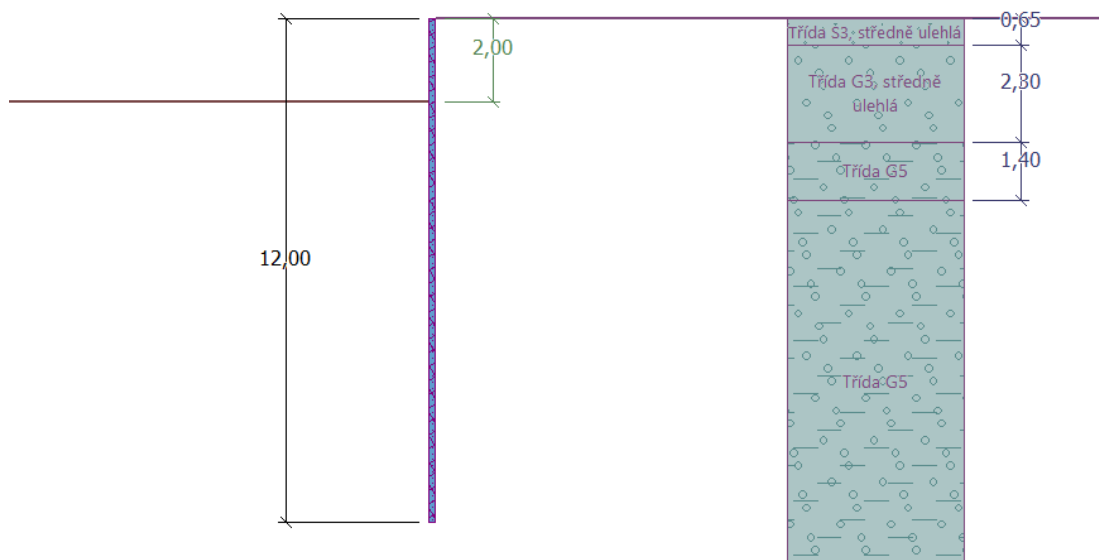
3.3.Posúdenie záporového paženia

Ako posledný návrh zaistenia stavebnej jamy, bolo navrhnutie záporového paženia, pomocou I-priezeru: HE 160 B. Dĺžka záporu bola navrhnutá v dĺžke 12 m. Pre ďalšie posúdenie bude návrh doplnený jedným radom kotiev. Dočasné kotvy nám umožnia väčšie využitie pracovného priestoru vo vnútri jamy. Budovanie konštrukcie prebiehalo v 3 fázach budovania a bolo počítané vplyvu bez vody.

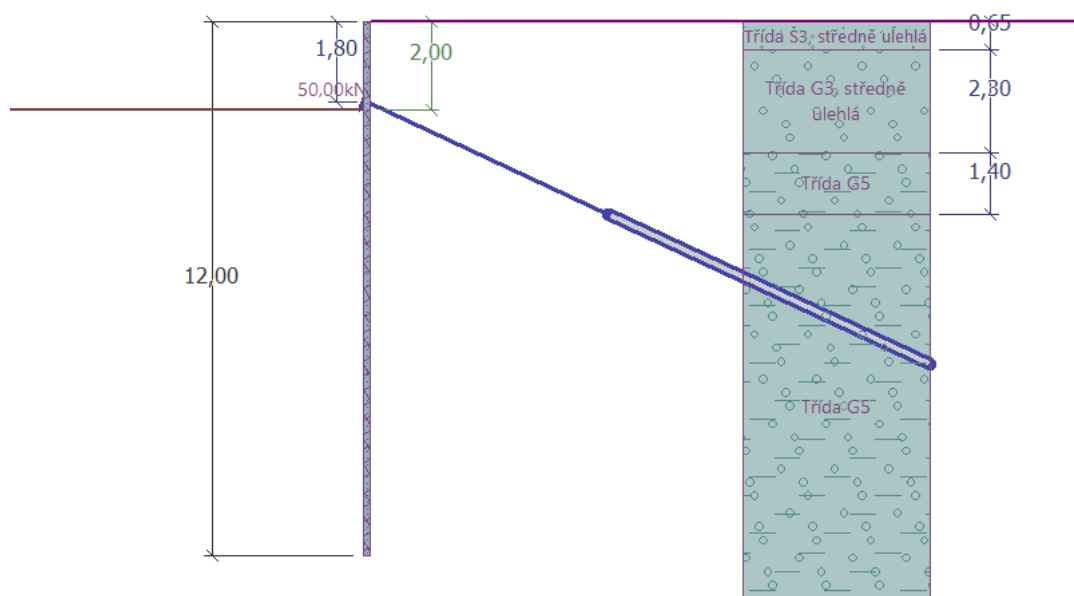
V prvej fáze budovania bola jama vyhlbená do 2 metrov (viď obrázok č.16).

V druhej fáze budovania bola vyhotovená pramencová kotva VSL dočasná kotva 0.6 " S 1860 MPa. Kotva bola umiestnená v hĺbke 1,80 m , pričom voľná dĺžka kotvy je 6 m a dĺžka koreňa je 8 m. Kotva bola realizovaná v sklone 25 stupňov (viď. obrázok č.17). Rozteč medzi jednotlivými kotvami sú 2 m a kotva bola predpnutá na silu 50 kN.

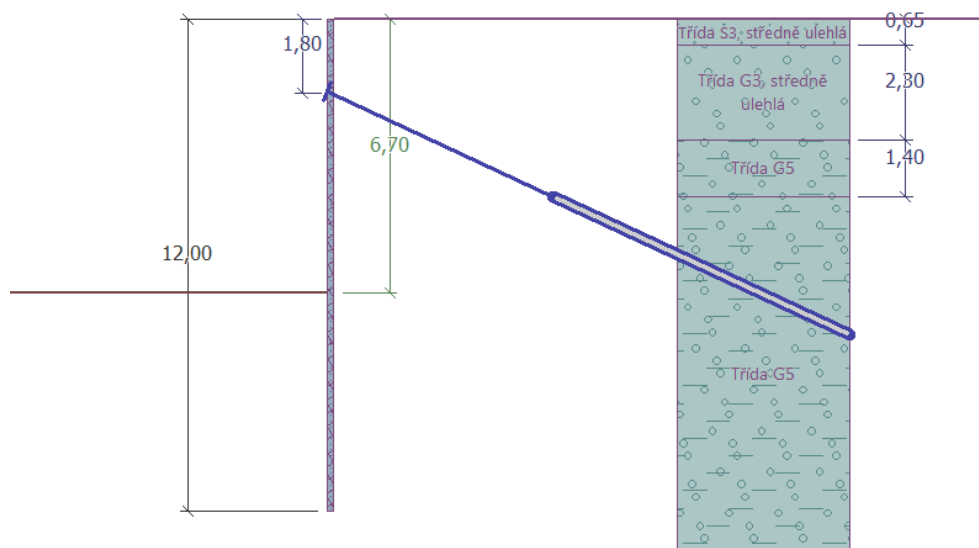
V tretej fáze budovania bola jama vyhlbená do hĺbky 6,7 m (viď. obrázok č. 18). Výsledná deformácia záporového paženia je 41,1 mm (viď. obrázok č.19). Výstupy z programu Geo5 viď. Príloha č.3



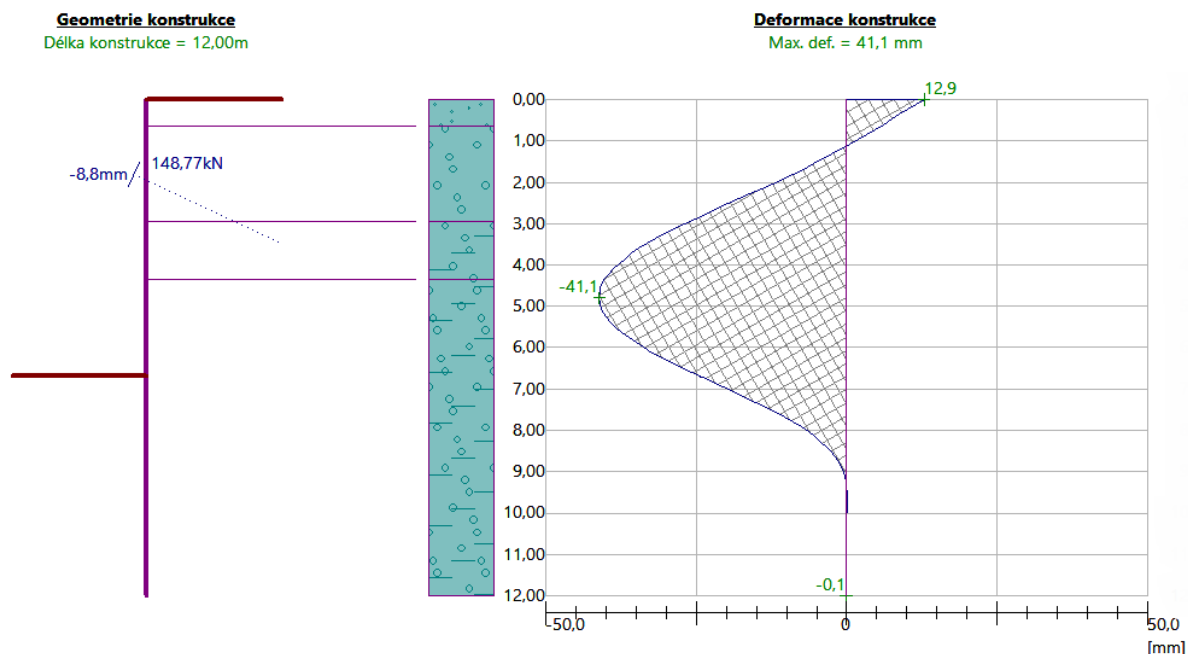
Obrázok 16: Prvá fáza - záporové paženie



Obrázok 17: Druhá fáza - záporové paženie



Obrázok 18: Tretia fáza - záporové paženie



Obrázok 19: Geometria a deformácia konštrukcie - záporové paženie

Posouzení ocelového průřezu podle EN 1993-1-1

Pro výpočet uvažovány všechny fáze budování.

Výpočtový součinitel namáhání průřezu = 1,00

Dimenzační síly na 1 I-profil

$$M_{\max} = 53,38 \text{ kNm}; \quad Q = 1,26 \text{ kN}$$

$$Q_{\max} = 50,56 \text{ kN}; \quad M = 3,21 \text{ kNm}$$

Posouzení max. momentu $M_{\max} + Q$:

Posouzení ohybu:

$$M_{\max}/M_{c,Rd} = 0,729 \leq 1 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Posouzení smyku:

$$Q/V_{c,Rd} = 0,008 \leq 1 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Posouzení rovinné napjatosti:

Normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = 143,52 \text{ MPa}$

Smykové napětí $\tau_{Ed} = 0,97 \text{ MPa}$

Posudek: $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,373 \leq 1$ **Vyhovuje**

Posouzení max. posouvající síly $Q_{max} + M$:

Posouzení ohybu:

$M/M_{c,Rd} = 0,044 \leq 1$

Vyhovuje

Posouzení smyku:

$Q_{max}/V_{c,Rd} = 0,331 \leq 1$

Vyhovuje

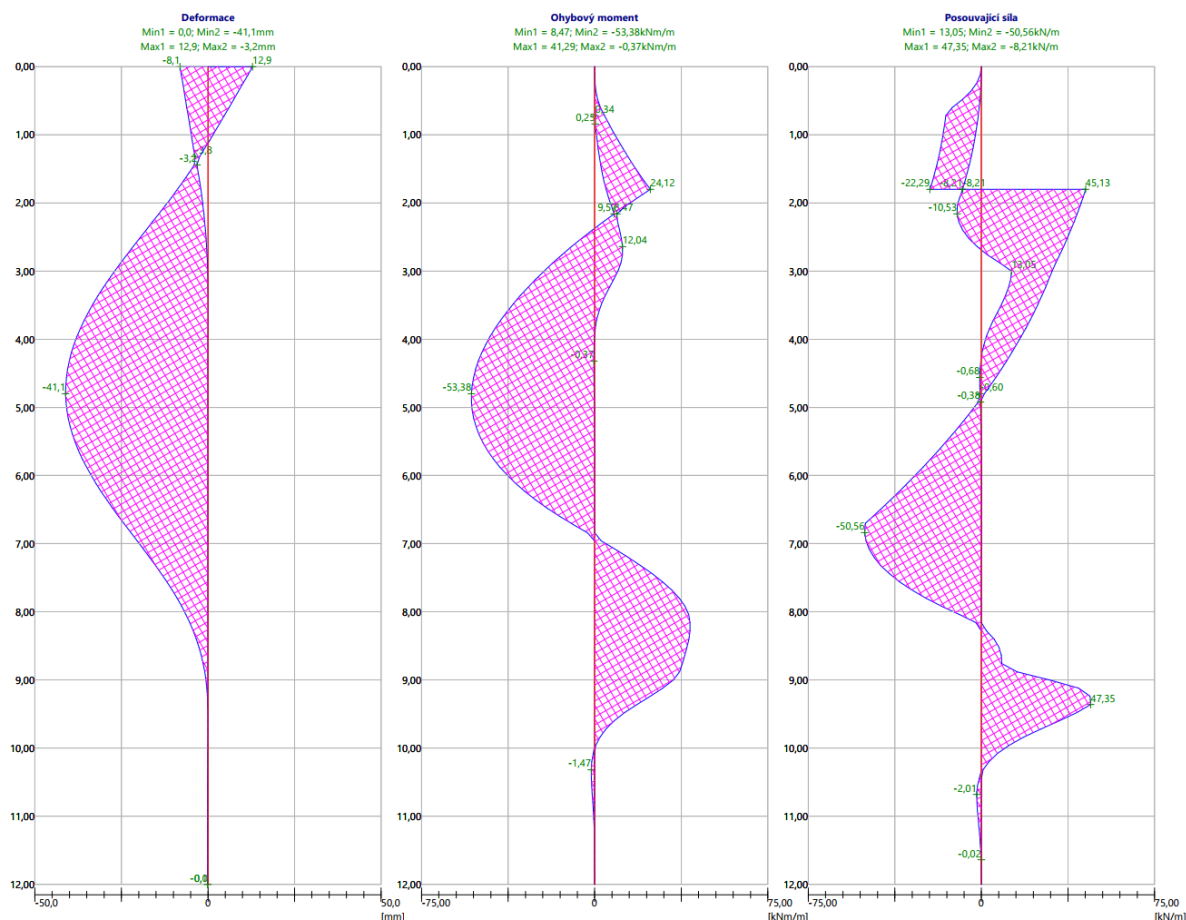
Posouzení rovinné napjatosti:

Normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = 8,62 \text{ MPa}$

Smykové napětí $\tau_{Ed} = 38,77 \text{ MPa}$

Posudek: $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,083 \leq 1$ **Vyhovuje**

Průřez VYHOVUJE



Obrázok 20: Geometria a deformácia konštrukcie - záporové paženie

Výpočet posúdenia záporového paženia bol realizovaný v programe Geo5 od firmy Fine, v module Paženie posudok.

3.5. Vyhodnotenie

SVAHOVANÁ STAVEBNÁ JAMA

Výkop stavebnej jamy 4300,44 m³

PAŽENIE ŠTETOVNICAMI S KOTVOU

Výkop stavebnej jamy 1802,13 m³

Spotreba železa – štetovnice 84 872,4 kg = 84,87 t

Počet profilov štetovnic 84 ks

NÁZOV	DĹŽKA [m]	B [mm]	H [mm]	t [mm]	HMOTNOSŤ [kg/m]
VL 603	12	600	320	9,7	64,2

Tabuľka 6: Parametre štetovnice

Celková dĺžka kotvy 14 m

Počet kotiev22 ks

NÁZOV	HĹBKÁ [m]	VOĽNÁ DĹŽKA [m]	DĹŽKA KOREŇA [m]	SKLON [°]	VZDIALENOSŤ MEDZI	PREDPÍNACIA SILA [kN]
VSL trvalá kotva 0.6 "S 1860 MPa	1,8	6	8	25	3	100

Tabuľka 7: Parametre kotvy

ZÁPOROVÉ PAŽENIE

Výkop stavebnej jamy 1802,13 m³

Spotreba železa na zápory 32 716,8 kg = 32,72 t

Počet zápor 68 ks

Celková dĺžka kotvy 14 m

Počet kotiev 32 ks

Spotreba výdrevy 2970 m²

NÁZOV	DĹŽKA [m]	VZDIALENOSŤ MEDZI [m]	HMOTNOSŤ [kg/m]	h [mm]	b [mm]
HE 160 B	12	1	42,6	160	3

Tabuľka 8: Parametre zápor

NÁZOV	HĹBKÁ [m]	VOLNÁ DĹŽKA [m]	DĹŽKA KOREŇA [m]	SKLON [°]	VZDIALENOSŤ MEDZI	PREDPÍNACIA SILA [kN]
VSL trvalá kotva 0.6 "S 1860 MPa	1,8	6	8	25	2	50

Tabuľka 9: Parametre kotvy pri záporovom pažení

4. ZHODNOTENIE VÝPOČTOV

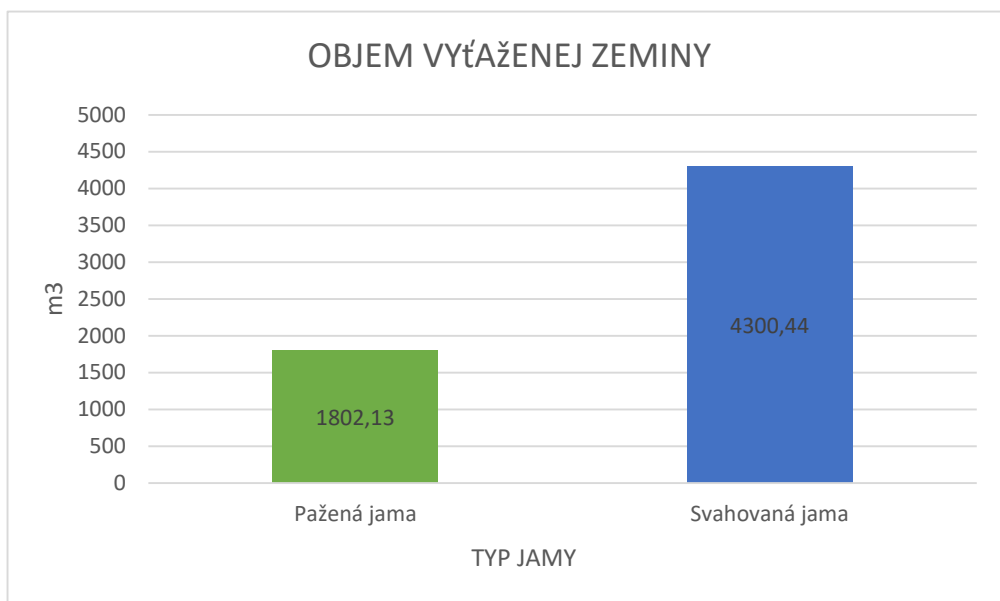
Po vypočítaní daných typov zaistenia stability v programe Geo 5, kde som posudzovala stabilitu svahovanej stavebnej jamy, štetovnicovú stenu s neustálenou hladinu podzemnej vody a tiež záporovú stenu bez vplyvu vody. Všetky typy stavebných jám mali rovnaké rozmery 18,55 x 14,55 a hĺbku jamy $H = 6,7$ m.

Z výstupov z programu som posúdila že, keď porovnáme objem výkopu svahovanej a paženej jamy tak svahovaná jama má objem výkopu o 138,63 % väčší ako výkop pri paženej jame. Pri svahovanej jame je potrebné vyťažiť o 2498,31 m³ zeminy viacej ako pri paženej jame. Porovnanie objemov oboch výkopov je uvedené v grafe č.1.

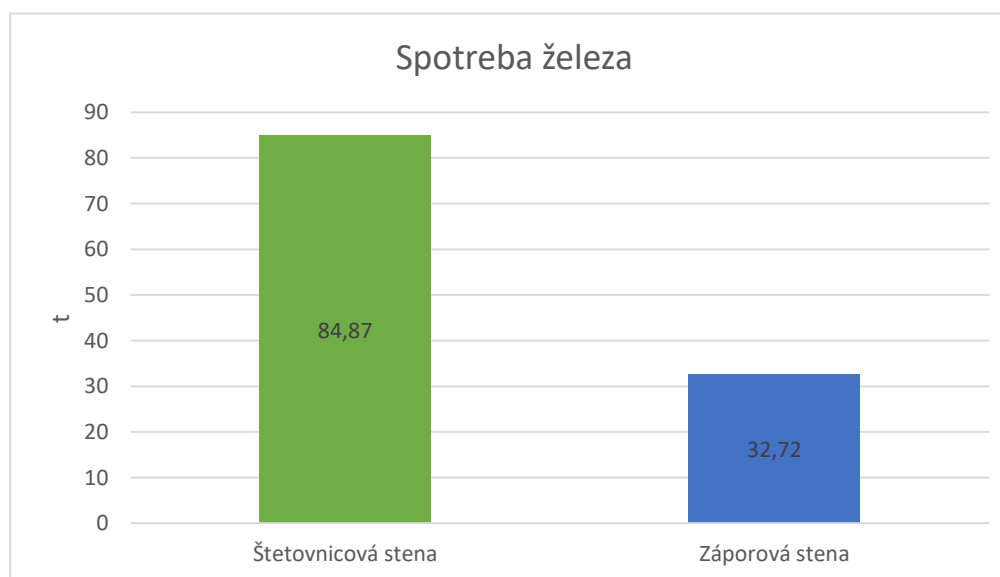
V grafe č.2 je porovnaná spotreba železa medzi štetovnicovou stenou a záporovou stenou. Kde môžeme vidieť, že pri štetovnicovej stene (84,87 ton) sa použije 159 % viacej železa ako pri štetovnicovej stene (32,72 ton). Pri záporovej stene máme ešte výdreva, ktorá vychádza po celom obvode jamy na 2970 m². Na výdreva bude použitá fošňa I tr. 5 x 15 cm.

V nasledujúcom grafe som porovnala využitie kotiev pri záporovom a štetovnicovom pažení. V oboch variantoch sú kotvy v jednej úrovni. Rozdiel je ale v tom, že pri záporovom pažení je vzdialenosť medzi jednotlivými kotvami 2 m a pri štetovnicovom pažení je vzdialenosť väčšia a to 3 m medzi jednotlivými kotvami. Preto pri štetovnicovom pažení použijeme 22 ks kotiev. A u záporového paženia použijeme o 30 % viacej kotiev a to je 32 ks. Porovnanie kusov je na grafe č.3. Celková dĺžka kotiev pri štetovnicovom pažení je 308 m a pri záporovom pažení je to 448 m. Celkové porovnanie dĺžok kotiev je v grafe č.4.

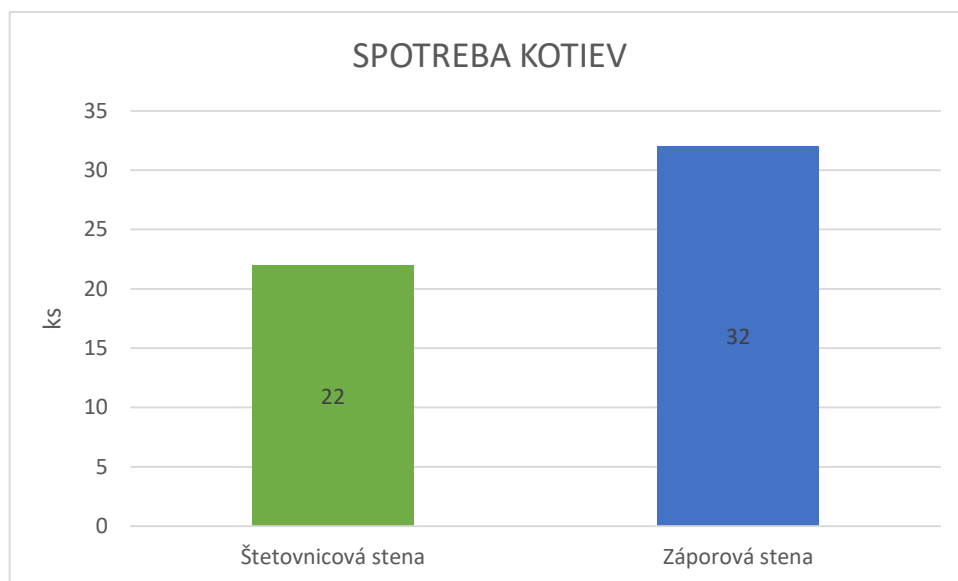
V poslednom grafe č.5 je porovnanie deformácií medzi oboma stenami. Nakoľko pri návrhu štetovnicovej steny bez kotiev vychádzala veľmi veľká deformácia, ktorá by nebola prijateľná ako návrh z dôvodu bezpečnosti. Preto sa tento návrh doplnil o jednu radu kotiev kde vychádzali už prijateľnejšie deformácie. Deformácia pri záporovej stene vyšla 41,1 mm a pri záporovej stene 10,9 mm. Čo je porovnateľne menej ako pri pôvodnom návrhu záporového paženia kde deformácia dosahovala až 186,7 mm.



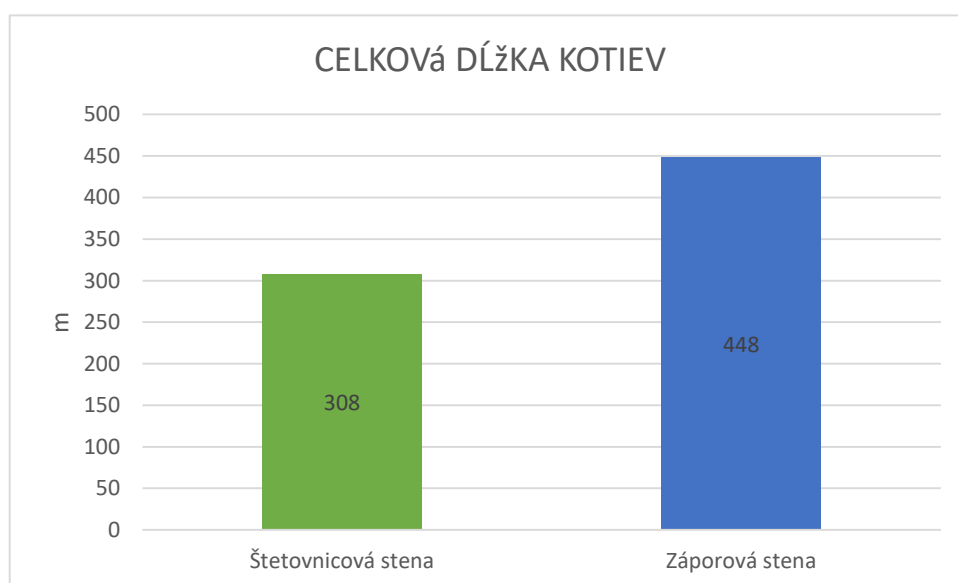
Graf č.1: Objem vytáženéj zeminy



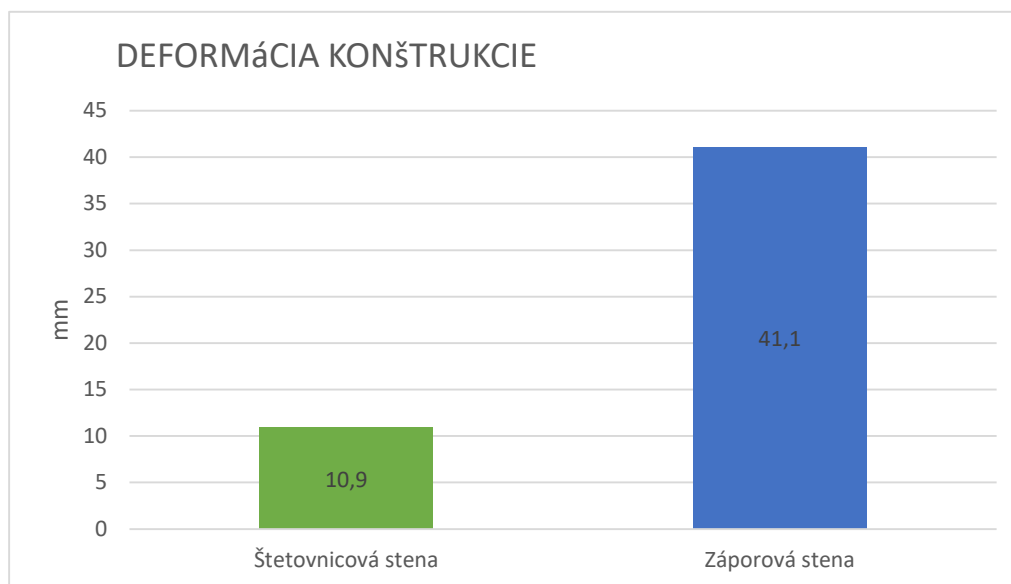
Graf č.2: Spotreba železa



Graf č.3: Spotreba kotiev



Graf č.4: Celková dĚžka kotiev



Graf č.5: Deformácia konštrukcie

5. ZÁVER

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce, bol návrh zaistenia stability stavebnej jamy v 3 variantoch stavebných jám. V prvom variante sa v programe Geo 5 v module Stabilita svahu posudzovala svahovaná stavebná jama. V ďalších dvoch variantoch bola posudzovaná štetovnicová stena s neustálenou hladinou podzemnej vody a pažená stavebná jama bez vplyvu vody. Obe varianty sa posudzovali v module Stabilita svahu.

Taktiež bola daná problematika zaistenia stability zhrnutá aj z teoretického hľadiska. Aké základné druhy stavebných jám poznáme. Pre zaistenie stavebných jám môžeme používať rôzne varianty ako záporové paženie, štetovnicové paženie, pilóty, podzemné steny, trysková injektáž a klincovanie. Pri návrhoch geotechnických konštrukcií sa musíme riadiť Eurokódom 7.

Posúdenie stability svahu bolo realizované pomocou metódy meznej rovnováhy podľa Bishopa. Výpočet kritickej šmykovej plochy bol prevedený pomocou optimalizácie. Sklon svahu bol navrhnutý 1:3 a stabilita na základe výpočtu vyhovela. Pri svahovanej jame bude veľká časť zeminy odťazená a uložená dočasne na medzideponii a následne použitá pri obsype.

Prvotný návrh zaistenia stavebnej jamy pomocou oceľových štetovnic nevyhovel, pretože dochádzalo k veľkým deformáciám konštrukcie. Preto bolo potrebné návrh doplniť o jednu radu dočasných kotiev. Týmto riešením bola zabezpečená stabilita jamy a v jej vnútri bol vytvorený dočasný pracovný priestor. Takto navrhnutá konštrukcia aj s vplyvom neustálenej hladiny vody dosahovala menšiu deformáciu konštrukcie a preto bola akceptovateľná a nepredstavovala také obrovské riziko.

Ako posledný návrh bola posudzovaná záporová stena, kde sa nepočítalo s vplyvom vody. Tento návrh bol doplnený o jednu radu dočasných kotiev. Pri tomto návrhu nedochádzalo k tak veľkej spotrebe železa ako pri štetovnicovej stene. Ale zase bola veľká spotreba dreva ktorá slúži ako výplň medzi pažinami.

Hlavnou myšlienkou tejto bakalárskej práce bolo poukázanie na to, že každá stavba je svojou podstatou ojedinelá a má iné podmienky. Preto s každou zmenou základových podmienok a parametrov konštrukcie ako napríklad výskyt hladiny podzemnej vody, zmena geologických pomerov, dĺžka konštrukcie, môže viesť ku zníženiu alebo naopak ku zvýšeniu finančných a materiálových nákladov. Preto je vždy veľmi dôležité aký typ zaistenia stability môžeme použiť. Pri svahovanej stavebnej jame musíme počítať s tým že, musíme mať v okolí výkopu dostatočný priestor na jej prevedenie, preto sa nie vždy odporúča do stiesnených priestorov. Ale sa rozhodneme ju navrhnuť, tak skôr tam kde je väčšia pôdorysná plocha. Avšak

pri štetovnicovej alebo záporovej stene nám nevadia ani stiesnené podmienky. Preto je vhodnejšie použiť tieto typy paženia.

Po výsledných výpočtoch sa dá povedať, že svahovaná stavebná jama by bola vhodná keby sa v okolí stavby nevyskytovali žiadne stavby. Pri štetovnicovej stene je použité veľké množstvo železa. Naopak pri záporovej stene je použité menšie množstvo železa ale za to viacej dreva.

Preto by bolo najvýhodnejšie použiť záporové paženie aj keď je tam veľká spotreba dreva.

6. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

Zoznam literatúry:

- [1] HULLA, J., TURČEK, P.,: Zakladanie stavieb, Bratislava: Jaga group, 2004, ISBN 80889059
- [2] MASOPUST, Jan. Navrhovaní základových a pažících konstrukcií: příručka k ČSN EN 1997. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-31-2.
- [3] MASOPUST, Jan. EC 7-1, Obecná část, plošné základy. Seminář ČKAIT Praha, 2010.

Internetové zdroje:

- [4] BÁČKOVÁ, Marie. Postavení Eurokódů v českém a evropském právu a v technické normalizaci [online]. [cit.2018-05-02]. Dostupné z:
<https://www.ckait.cz/postaveni-eurokodu-v-ceskem-a-evropskem-pravu-a-v-technicke-normalizaci>
- [5] FINE. Manuál softwaru GEO5. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/navrhovy-pristup-3-01/>
- [6] FINE. Manuál softwaru GEO5. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/vypocet-stability-svahu-01/>

Zoznam obrázkov:

Obrázok 1: Označenie šírky najmenšieho pracovného priestoru pre zhotovenie a) izolácie b)debnenia [1]	10
Obrázok 2: Funkcie stavebnej jamy [1]	12
Obrázok 3: Konštrukcia paženej stavebnej jamy a) rozopreté paženie b) kotvené paženie [1]	13
Obrázok 4: Záporové paženie [1]	15
Obrázok 5: Oceľová štetovnica typu Larsen [1]	16
Obrázok 6: Technológia prevedenia monolitických podzemných stien [2]	17
Obrázok 7 : Určenie priaznivosti alebo nepriaznivosti účinkov zaťaženia [5]	24
Obrázok 8: Svahovaná stavebná jama – Výsledná šmyková plocha	27
Obrázok 9: Paženie pomocou štetovnic VL 605	28
Obrázok 10: Geometria konštrukcie a deformácia konštrukcie	28
Obrázok 11: Prvá fáza – paženie štetovnicami	29
Obrázok 12: Druhá fáza – paženie štetovcami	30
Obrázok 13: Tretia fáza - paženie štetovnicami	30
Obrázok 14: Geometria konštrukcie a následná deformácia - paženie štetovnicami.....	31
Obrázok 15: Výsledná deformácia, ohybový moment a posúvajúca sila	32
Obrázok 16: Prvá fáza - záporové paženie	33
Obrázok 17: Druhá fáza - záporové paženie	34
Obrázok 18: Tretia fáza - záporové paženie	34
Obrázok 19: Geometria a deformácia konštrukcie - záporové paženie	35
Obrázok 20: Geometria a deformácia konštrukcie - záporové paženie.....	36

Zoznam grafov:

Graf č.1: Objem vytťaženej zeminy	40
Graf č.2: Spotreba železa	40
Graf č.3: Spotreba kotiev	41
Graf č.4: Celková dĺžka kotiev	41
Graf č.5: Deformácie konštrukcie	42

Zoznam tabuliek:

Tabuľka 1: Najmenšia šírka pracovného priestoru b pre zhotovenie izolácie [1]	9
Tabuľka 2: Najmenšia šírka pracovného priestoru b pre zhotovenie debnenia [1]	9
Tabuľka 3: Sklony svahov v skalných horninách a hrubozrnných zeminách [1]	11
Tabuľka 4: Sklony svahov v jemnozrnných zeminách [1]	11
Tabuľka 5 : Základné parametre zeminy	26
Tabuľka 6: Parametre štetovnice	37
Tabuľka 7: Parametre kotvy	37
Tabuľka 8: Parametre záporý	38
Tabuľka 9: Parametre kotvy pri záporovom pažení	38

Prílohy:

Príloha č.1: Posúdenie stability svahu

Príloha č.2: Posúdenie štetovnicovej steny

Príloha č.3: Posúdenie záporovej steny